

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

LIS

NL 200268

D 99198



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



Aktenzeichen: 100 22 407.5

Anmeldetag: 9. Mai 2000

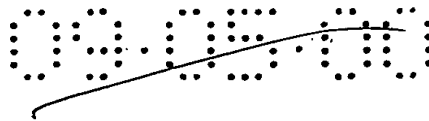
Anmelder/Inhaber: Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Darstellung eines
aus mehreren Teilbereichen zusammengesetz-
ten Bildes

IPC: G 06 T 5/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Oktober 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren und Vorrichtung zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen zusammengesetzten Bildes

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen zusammengesetzten Bildes, bei dem jedem Teilbereich (T_1 bis T_N) eine Ausleseeinheit (V_1 bis V_N) zugeordnet ist, und bei dem zur Angleichung von Unterschieden in Verstärkungscharakteristika Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete (S_{63} , S_{64} , S_{65} , S_{66}) benachbarter Teilbereiche (T_1 und T_2) ausgewertet werden, indem für einen Bildwert (GW_{65}) eines Bildpixels (P_{65}) eines zu korrigierenden Teilbereichs (T_2), wobei der Bildpixel (P_{65}) an einer Grenze (G) zu einem Nachbarteilbereich (T_1) liegt, unter Verwendung des Bildwertes (GW_{64}) eines Bildpixels (P_{64}) des angrenzenden Bildgebiets (S_{64}) des Nachbarteilbereichs (T_1) ein Schätzwert (SW_{65}) ermittelt wird, und durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwertes (GW_{65}) des Bildpixels (P_{65}) mit dem Schätzwert (SW_{65}) ein Korrekturwert für den jeweiligen Bildwert (GW_{65}) in dem zu korrigierenden Teilbereich (T_2) ermittelt wird.

Fig. 1

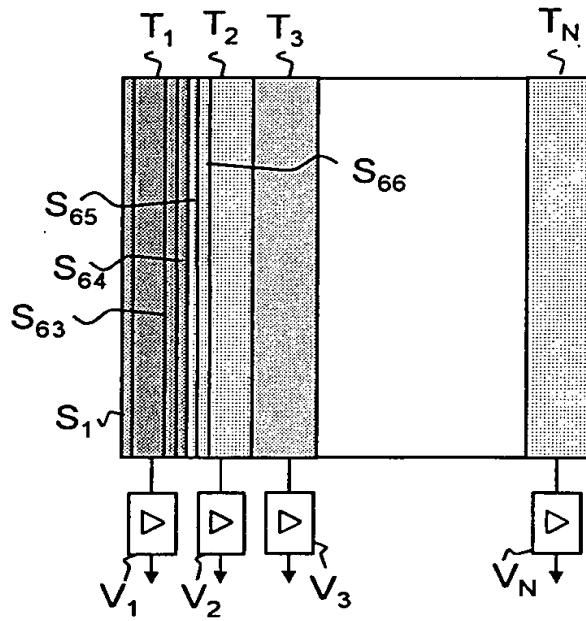


FIG. 1

BESCHREIBUNG

Verfahren und Vorrichtung zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen zusammengesetzten Bildes

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen zusammengesetzten Bildes, wobei jedem Teilbereich eine Ausleseeinheit zugeordnet ist und bei dem zur Angleichung von Unterschieden in Verstärkungscharakteristika Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete benachbarter Teilbereiche ausgewertet werden. Zudem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen zusammengesetzten Bildes mit einem mehrere Sensorelemente enthaltenen Detektor zur
- 10 Erzeugung von Bilddaten, den Teilbereichen des Bildes zugeordneten Ausleseeinheiten, einer Analyseeinheit, die zur Auswertung von Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete benachbarter Teilbereiche und zur Erzeugung von Korrekturdaten vorgesehen ist, und einer Korrektureinheit, die zur Korrektur von mit Fehlern behafteter Bilddaten mittels der Korrekturdaten vorgesehen ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Strahlungs-
- 15 untersuchungseinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Strahlungsquelle und einer Detektoreinrichtung mit einer entsprechenden Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

- Derartige Verfahren und Vorrichtungen werden zum Beispiel in Bildgenerationsvorrichtungen von Röntgen- oder anderen Strahlungsuntersuchungseinrichtungen eingesetzt.
- 20 Derzeit übliche Röntgendetektoren, beispielsweise sogenannte "flache dynamische Röntgendetektoren" (FDXD), sind in Teilbereiche unterteilt, die jeweils von separaten einzelnen Ausleseeinheiten ausgelesen werden. Dabei setzen sich die Röntgendetektoren meist aus einer Matrix von einzelnen Sensorelementen zusammen, die in Zeilen und
- 25 Spalten angeordnet sind. Jedes Sensorelement bildet einen eigenen Bildpixel. In der Regel sind mehrere Spalten oder Zeilen zu einem der genannten Teilbereiche zusammengefasst. Die für jeden Teilbereich vorgesehenen Ausleseeinheiten sind als Verstärker ausgeführt, wobei jeder dieser Verstärker die ihm zugeführten Bilddaten mit einer ihm anhaftenden, nicht linearen Verstärkungskennlinie verstärkt. Dies führt zu einer unterschiedlichen
- 30 Verstärkung der Bilddaten der einzelnen Teilbereiche. Dieses unterschiedliche Verstärker-

verhalten wirkt sich durch abrupte Übergänge der Bilddaten an den Grenzen zwischen zwei Teilbereichen aus, was im darzustellenden Bild zu störenden Streifen führt. Da derartige Artefakte bei zunehmenden Rauschanteil schlechter sichtbar sind, wird eine solche Beeinträchtigung der Bildqualität durch Streifenbildung bei einer Rauschunterdrückung
5 oder Bildsubtraktion sogar noch verstärkt.

Bei den meisten Anwendungsgebieten der eingangs genannten Verfahren und Vorrichtungen, insbesondere bei medizinischen Röntgendetektoren, aber auch bei Ultraschall-, Computer- oder Magnetresonanz-/Tomografiegeräten ist es sehr wichtig, dass die
10 erzeugten Bilder weitgehend frei von Artefakten sind.

Mittels regelmäßiger Rekalibrationsprozesse oder der Anwendung von in den Rekalibrationsprozessen gewonnenen Informationen über das nichtlineare Verstärkerverhalten der benachbarten Ausleseeinheiten ist es möglich, die unterschiedlichen Verstärkungskurven zu
15 korrigieren. Jedoch erfordert eine derartige Rekalibration regelmäßige Eingriffe und Einweisungen des medizinischen oder technischen Personals. Um eine Rekalibrierung vornehmen zu können, werden beispielsweise bei einem Röntgendetektor hintereinander mehrere Aufnahmen mit unterschiedlicher, definierter Strahlendosis gemacht und auf diese Weise die unterschiedlichen Verstärkerkennlinien ermittelt. Eine weitere Möglichkeit
20 besteht darin, mittels der Abbildung spezieller Rekalibrationsphantome die Menge der Strahlendosis in jedem Detektorteilbereich zu ermitteln, so dass aus den auftretenden Differenzen in der Abbildung eine Abweichung der nichtlinearen Verstärkerkennlinien voneinander festgestellt werden kann. Da das nichtlineare Verstärkerverhalten beispielsweise durch Veränderungen der Detektorposition, durch inhomogene Wärmeverluste oder
25 durch Alterung der Verstärkerschaltkreise Veränderungen unterliegt, muss eine regelmäßige Korrektur durchgeführt werden. Nachteilig hierbei ist, dass zum einen das Benutzerpersonal eingreifen muss und zum anderen zusätzliche Röntgenbelichtungen oder ähnliches erforderlich sind. Eine aus einer solchen manuellen Korrektur erhaltene Anpassungstabelle mit Korrekturdaten wird dann solange auf alle folgenden Bilddaten angewendet, bis eine erneute manuelle Korrektur durchgeführt wird. In der Zwischenzeit
30 auftretende Veränderungen im Verstärkerverhalten werden somit nicht erfasst. In der DE 199 62 283.3 wird daher ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs

genannten Art vorgeschlagen, mit denen eine regelmäßige und akkurate Rekalibration oder Korrektur nichtlinearen Verstärkerverhaltens ohne zusätzliche Röntgenstrahldosis oder Eingriffe des Benutzers durchgeführt werden kann. Hierzu werden die Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete benachbarter Teilbereiche ausgewertet. Diese Auswertung erfolgt dabei im Einzelnen mittels eines Histogramm-Generators, dem die Bilddaten benachbarter Bildgebiete aneinandergrenzender Teilbereiche zugeführt werden. Es wird dabei über das Auftreten der verschiedenen Bildwerte, hier Graustufenwerte, der beiden Bildgebiete je ein Histogramm gebildet. Aus dem Histogramm werden dann jeweils Dichtefunktionen gebildet, welche angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Graustufenwert des jeweiligen Teilbereichs unter einem bestimmten Wert liegt. Über den Vergleich der Dichtefunktionen zweier benachbarter Teilbereiche wird dann eine Anpassungstabelle ermittelt, in der jedem Graustufenwert des einen Teilbereichs ein Graustufenwert des anderen Teilbereichs zugeordnet wird. Mit Hilfe dieser Anpassungstabelle können dann die Daten des einen Teilbereichs angepasst werden, um so die Verstärkungskennlinien der beiden Teilbereiche aneinander anzugleichen. Über die sukzessive Anpassung jeweils zweier benachbarter Teilbereiche zueinander erfolgt so ein Abgleich aller Teilbereiche untereinander.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu diesem Stand der Technik zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass für einen Bildwert eines Bildpixels eines zu korrigierenden Teilbereichs, wobei der Bildpixel an einer Grenze zu einem Nachbarteilbereich liegt, unter Verwendung des Bildwertes eines Bildpixels des angrenzenden Bildgebiets des Nachbarteilbereichs ein Schätzwert ermittelt wird und durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwerts des Bildpixels mit dem Schätzwert ein Korrekturwert für den jeweiligen Bildwert in dem zu korrigierenden Teilbereich ermittelt wird.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Analyseeinheit Mittel zur Erzeugung eines Schätzwerts für den Bildwert eines Bildpixels eines zu korrigierenden Teilbereichs, wobei

der Bildpixel an einer Grenze zu einem Nachbarteilbereich liegt, unter Verwendung eines Bildwerts des angrenzenden Bildgebiets des Nachbarteilbereichs, und Mittel zur Erzeugung eines Korrekturwerts für den jeweiligen Bildwert in dem zu korrigierenden Teilbereich durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwerts des Bildpixels mit dem Schätzwert
5 aufweist.

Die Erfindung basiert somit auf dem Gedanken, dass die Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete benachbarter Ausleseeinheiten keine abrupten Werteänderungen aufweisen sollten. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass die Bilddaten benachbarter Bildgebiete
10 annähernd die gleichen Werte annehmen, so dass im Umkehrschluss gefolgert werden kann, dass sprunghafte Werteänderungen von den unterschiedlichen Nichtlinearitäten der benachbarten Ausleseeinheiten hervorgerufen werden.

Erfindungsgemäß werden daher die an der Grenze liegenden Bildpixel betrachtet und für
15 diese Bildpixel unter Verwendung der Bilddaten der angrenzenden Bildpixel des Nachbarteilbereichs Schätzwerte bzw. Sollwerte ermittelt. Diese Sollwerte geben an, welchen Wert der zu dem Bildpixel gehörige Bildwert aufweisen sollte, wenn die Ausleseeinheiten in etwa gleiche Verstärkerkennlinien aufweisen würden. Durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwerts der jeweiligen Bildpixel mit dem ermittelten Schätzwert wird so ein Korrekturwert
20 ermittelt, der dazu dient, jeweils den auftretenden Bildwert in dem zu korrigierenden Teilbereich zu korrigieren.

Bei dem Korrekturwert kann es sich im einfachsten Fall um einen Korrekturfaktor handeln, welcher aus dem Verhältnis von Schätzwert und Bildwert gebildet wird. Dieser
25 Korrekturwert kann für den jeweiligen Bildwert und für den zu korrigierenden Teilbereich in einer Anpassungstabelle bzw. einer sogenannten "Look-up-Tabelle" gespeichert werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, sofort das Produkt aus Bildwert und Korrekturwert, bzw. in dem eben genannten Fall den ermittelten Schätzwert selbst, in einer solchen Anpassungstabelle für den jeweiligen Bildwert zu hinterlegen.

30

Als Schätzwert kann im einfachsten Fall der Bildwert eines unmittelbar angrenzenden Bildpixels des benachbarten Teilbereichs verwendet werden. In diesem Fall wird davon ausge-

gangen, dass an der Grenze überhaupt keine Änderungen der Bildwerte von einem Teilbereich zum anderen auftreten. Eine solche Korrektur, die lediglich auf einem Vergleich einzelner Pixel auf jeder Seite eines Teilbereichübergangs beruht, ist nur wenig rechenintensiv und daher schnell und einfach durchzuführen. Sie hat jedoch den Nachteil, dass ein
5 tatsächlich im Bild auftretender, über die Grenze verlaufender, leichter Gradient örtlich im Bereich des Grenzbereichs weggerechnet wird und dadurch wiederum ein Fehler erzeugt wird.

Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren, welches solche Gradienten im Bereich der
10 Grenze berücksichtigt, werden zur Ermittlung des Schätzwertes Bildwerte von Bildpixeln des angrenzenden Bildgebiets des benachbarten Teilbereichs über die Grenze hinweg extrapoliert. Der Begriff "angrenzendes Bildgebiet" ist daher beispielsweise bei einem zeilen- und spaltenmäßig aufgebauten Detektor nicht auf die direkt angrenzende Zeile bzw. Spalte des Nachbarteilbereichs beschränkt, sondern umfasst insoweit auch einen
15 Verbund von mehreren Zeilen oder Spalten bzw. Teilen von Zeilen oder Spalten, wenn dieser Verbund insgesamt mit einer Seite an einen anderen Teilbereich angrenzt.

Im einfachsten Fall wird diese Interpolation nur über zwei quer zur Grenzlinie nebeneinanderliegende Bildpixel eines Teilbereichs durchgeführt. Selbstverständlich ist es aber auch
20 möglich, eine solche Extrapolation über beliebig viele in einer Linie aneinanderangrenzende Bildpixel durchzuführen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird dabei zunächst für den Bildwert eines Bildpixels des zu korrigierenden Teilbereichs ein erster Korrekturwert gebildet.
25 Anschließend wird für einen unmittelbar an diesen Bildpixel des zu korrigierenden Teilbereichs angrenzenden Nachbarpixel des Nachbarteilbereichs unter Verwendung von Bildwerten des zu korrigierenden Teilbereichs ein Schätzwert für den Nachbarbildpixel ermittelt. Dies geschieht in gleicher Weise wie die Ermittlung des Schätzwerts für den Bildpixel des zu korrigierenden Teilbereichs selbst. Das heißt, es wird für den Bildpixel des
30 zu korrigierenden Teilbereichs eine Extrapolation über die Werte der Bildpixel des Nachbarteilbereichs über die Grenze hinweg durchgeführt und umgekehrt dann zum Erhalt des Schätzwerts für den Nachbarbildpixel eine Extrapolation über die Bildwerte der Bildpixel

des zu korrigierenden Teilbereichs. Durch einen Vergleich dieses Schätzwerts für den Nachbarbildpixel mit dem tatsächlichen Bildwert des Nachbarbildpixels wird dann ein zweiter Korrekturwert gebildet. Aus diesen beiden Korrekturwerten wird schließlich ein gemeinsamer Korrekturwert ermittelt, welcher auf die entsprechenden Bildwerte des zu korrigierenden Teilbereichs angewandt wird. Bei diesem gemeinsamen Korrekturwert kann es sich um den Mittelwert der beiden Korrekturwerte handeln. Eine weitere Möglichkeit besteht beispielsweise darin, einen gewichteten Mittelwert zu errechnen.

Das Abschätzverfahren kann im Prinzip für sämtliche entlang einer Grenze verlaufende Bildpixel durchgeführt werden. Hierbei ist davon auszugehen, dass viele der Bildpixel den gleichen Bildwert aufweisen. Sinnvollerweise wird dann aus den Korrekturwerten verschiedener Bildpixel des zu korrigierenden Teilbereichs, welche jeweils den gleichen Bildwert aufweisen, ein gemeinsamer Korrekturwert für diesen Bildwert in dem zu korrigierenden Teilbereich gebildet. Dies kann beispielsweise durch Bildung des Mittelwerts, des Modus oder des Medians geschehen.

Die ermittelten Korrekturwerte für die einzelnen Bildwerte der einzelnen Teilbereiche werden in einer Anpassungstabelle gespeichert und zur Korrektur aus dieser Anpassungstabelle abgerufen. Bei den Korrekturwerten kann es sich im Prinzip wiederum um Korrekturfaktoren handeln, die auf den jeweiligen Bildwert angewendet werden. Es kann sich aber selbstverständlich auch um bereits fertig korrigierte Werte handeln, durch die der jeweilige Bildwert einfach ersetzt wird.

Da nicht davon auszugehen ist, dass entlang einer Grenze eines Teilbereichs alle möglichen Bildwerte auftreten, werden beim Aufbau einer entsprechenden Anpassungstabelle für alle möglichen Bildwerte für einige der Bildwerte keine Daten in diesem Korrekturverfahren zur Verfügung gestellt. Es ist jedoch ohne weiteres möglich, die entstehenden Lücken durch Interpolationsverfahren zwischen den mit dem genannten Verfahren gefundenen Korrekturwerten aufzufüllen. Um den Rechenaufwand gering zu halten, reicht es unter Umständen sogar aus, nur für vereinzelte Bildwerte einen Korrekturfaktor direkt zu ermitteln und die restliche Tabelle mit geringem Rechenaufwand durch Interpolationsverfahren zu ermitteln.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist dementsprechend einen Speicher zur Speicherung einer solchen Anpassungstabelle auf. Mit Hilfe der in diesem Speicher gespeicherten Anpassungstabelle werden dann in einer Korrektureinheit jeweils die Bildwerte korrigiert, bevor sie auf einer Anzeigeeinheit dargestellt werden.

5

Im Prinzip ist es zwar möglich, bei entsprechender Verzögerung der Bilddaten auf dem Weg zur Korrektureinheit die mit einem bestimmten Bild ermittelten Korrekturwerte direkt auf dieses Bild anzuwenden. Zur Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit ist es jedoch sinnvoll, die von vorhergehenden Bildern erzeugten Korrekturwerte bzw. eine daraus erzeugte Anpassungstabelle zu verwenden und diese Anpassungstabelle im Speicher jeweils mit den neuen Daten zu überprüfen bzw. zu korrigieren.

10

Hierbei kann beispielsweise ein gleitender Mittelwert über den Inhalt der aus verschiedenen nacheinander aufgenommenen Bildern gewonnenen Anpassungstabellen erzeugt werden. Das heißt, es werden jeweils die Korrekturwerte über die letzten Bilder gemittelt, wobei eine Wichtung bei der Mittelwertbildung sinnvoll ist. Dabei ist es vorteilhaft, einen neuen Satz von Korrekturwerten geringer zu wichten als den im Speicher vorhandenen Inhalt der Anpassungstabelle, welcher ja bereits aus einem Mittelwert der vorhergehenden Bilder gebildet ist. Auf diese Weise werden kurzzeitige Schwankungen, die ggf. auf andere Fehler zurückzuführen sein können, unterdrückt.

15

20

Da Änderungen im Verstärkungsverhalten der Ausleseeinheiten in der Regel nicht in Zeitrelationen auftreten, die den Abständen zwischen einzelnen Bildern einer Bildserie entsprechen, sondern eher über längere Zeiträume zu beobachten sind, ist es im Prinzip zur Reduzierung der Rechenleistung auch möglich, nur in bestimmten zeitlichen Abständen Bilder, beispielsweise nur jedes zweite oder dritte Bild, der Analyseeinrichtung zuzuführen und damit die Anpassungstabelle im Speicher zu überprüfen oder nachzukorrigieren.

25

Die Berechnung der Korrekturdaten mit dem genannten Verfahren ist nicht auf die Anwendung im Röntgenbereich festgelegt. Sie kann vielmehr in allen Bereichen der Signalverarbeitung eingesetzt werden, in denen ein zeitinvariantes, nichtlineares Verstärkerverhalten zwischen unterschiedlichen Bildbereichen eines gemeinsamen Bildes auftritt.

30

Eine erfindungsgemäße Strahlungsuntersuchungseinrichtung, insbesondere Röntgenuntersuchungseinrichtung, weist eine Strahlungsquelle und eine Detektoreinrichtung auf. Die Detektoreinrichtung beinhaltet dabei einen Detektor mit mehreren Sensorelementen, wobei verschiedene der Sensorelemente zu Teilbereichen zusammengefasst sind und diese

5 Teilbereiche jeweils eigene Ausleseeinheiten aufweisen. Weiterhin weist die Detektoreinrichtung eine Analyseeinheit zur Auswertung von Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete der benachbarten Teilbereiche und zur Erzeugung von Korrekturdaten auf, wobei die Analyseeinheit Mittel zur Erzeugung des Schätzwerts nach dem erfindungsgemäßen Verfahren aufweist und Mittel zur Erzeugung eines Korrekturwerts unter Verwendung des

10 Schätzwerts. Des weiteren beinhaltet die Detektoreinrichtung eine Korrektureinheit, die zur Korrektur von mit Fehlern behafteten Bilddaten mittels der gewonnenen Korrekturdaten dient.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen

15 und der nachfolgenden Beschreibung, in der ein in den Figuren dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert wird. Es zeigen:

- Figur 1 einen schematischen Aufbau eines Detektors;
- 20 Figur 2 eine schematische Darstellung der Extrapolation zur Erhaltung eines Schätzwerts an einer Grenze zwischen zwei Teilbereichen;
- Figur 3 einen schematischen Aufbau einer Vorrichtung zur Darstellung von Bildern;
- 25 Figur 4a ein in mehrere Teilbereiche untergliedertes Bild eines Röntgendetektors, wobei jedem Bildpixel eines bestimmten Teilbereichs ein für den Teilbereich charakteristischer eindeutiger Grauwert zugeordnet
- 30 ist;
- Figur 4b ein gestörtes Röntgenbild des Detektors gemäß Figur 4a;

Figur 4d das in Figur 4b dargestellte gestörte Röntgenbild nach einer Korrektur mit einer Anpassungstabelle gemäß Figur 4c.

Figur 4d das in Figur 4b dargestellte gestörte Röntgenbild
nach einer Korrektur mit einer Anpassungstabelle
gemäß Figur 4c.

Figur 1 zeigt schematisch den typischen Aufbau eines Röntgendetektors. Ein solcher Röntgendetektor wandelt ankommende Röntgenstrahlung in beispielsweise sichtbares Licht um, das von Fotosensoren detektiert und den Ausleseeinheiten zugeführt wird. Darüber hinaus gibt es auch Röntgendetektoren, die direkt die Röntgenstrahlung in elektrische Ladung umwandeln. Der gezeigte Detektor weist mehrere Teilbereiche T_1 bis T_N auf, die jeweils mehrere Bildgebiete umfassen. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Bildgebiet durch eine oder mehrere nebeneinanderliegende Bildspalten, welche mehrere nebeneinanderliegenden Sensorelemente enthalten, dargestellt. Der Teilbereich T_1 enthält 64 Bildspalten S_1 bis S_{64} . Der daran angrenzende Teilbereich T_2 und alle folgenden Teilbereiche T_3 bis T_N enthalten ebenfalls jeweils 64 Bildspalten. Jedem Teilbereich T_1 bis T_N ist eine eigenen Ausleseeinheit zugeordnet, die hier jeweils als Verstärker V_1 bis V_N realisiert sind.

Figur 4a zeigt ein Bild eines realen Detektors mit 5 Teilbereichen T_1 bis T_5 . Auch bei diesem Detektor hat jeder Teilbereich T_1 bis T_5 jeweils 64 Bildspalten. Um auf dem Bild eindeutig darzustellen, welcher Bildpixel genau zu welchem Teilbereich T_1 bis T_5 gehört, das heißt, um die Grenzen G zwischen den Teilbereichen T_1 bis T_5 optisch herauszustellen, ist in diesem Bild jedem Bildpixel eines Teilbereichs T_1 bis T_5 ein bestimmter Graustufenwert zugeordnet, der für den jeweiligen Teilbereich charakteristisch ist. Da üblicherweise die Bilder von Röntgenanalyseinrichtungen oder ähnlichen Geräten in Graustufenwerten dargestellt werden, wird im Folgenden auch von Graustufenwerten als Bildwerten ausgegangen. Selbstverständlich ist die Erfindung aber nicht auf solche Graustufenwerte begrenzt, sondern es kann sich auch um beliebige andere Bilddaten handeln, beispielsweise bei Farbbildern um Bilddaten, die durch einen Vektor, der die RGB-Anteile enthält, repräsentiert werden. Ebenso kann es sich um Bilder handeln, die durch Amplituden- und Phasenwerte repräsentiert werden.

Die in Figur 4a gezeigte Methode der Darstellung der Bildpixel, die zu einem bestimmten Verstärkungskanal gehören, mit einem bestimmten vorgegebenen Graustufenwert, ist insbesondere hilfreich, um bei kompliziert strukturierten Detektoren festzustellen, welcher Pixel zu welchem Verstärkungskanal gehört. Für die üblichen Detektoren, welche in einzelne Bildspalten gruppiert sind, wobei nebeneinanderliegende Bildspalten einer Auslese-

5 einheit zugeordnet werden, reicht es aus, wenn lediglich die horizontale Koordinate festgelegt wird, welche die Grenze zwischen zwei Teilbereichen bildet.

Figur 4b zeigt eine Aufnahme einer Hand mit dem Röntgendetektor gemäß Figur 4a. Es zeigt sich hier deutlich die störende Streifenbildung aufgrund des unterschiedlichen Verstärkungsverhaltens der Ausleseeinheiten der einzelnen Teilbereiche T_1 bis T_5 .

10

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Vermeidung dieser Streifenbildung zu vermeiden. Hierbei wird das vom Detektor 11 erzeugte und in einer, z. B. eine Offset-

15 Korrektur durchführenden, Vorverarbeitungseinheit 19 aufbereitete Bild einer Korrektur-

einheit 13 zugeführt. In dieser Korrektureinheit 13 werden die Bildwerte der einzelnen Bildpixel der einzelnen Teilbereiche jeweils so korrigiert, dass die Verstärkungskurven der Ausleseeinheiten V_1 bis V_N der einzelnen Teilbereiche T_1 bis T_N aneinander angeglichen sind. Das korrigierte Bild wird dann auf einer Anzeigeeinheit 10 dargestellt.

Um die Korrekturwerte für die Korrektur der Bilddaten zu erhalten, werden die Bilder aus der Vorverarbeitungseinheit 19 außerdem einer Analyseeinrichtung 12 zugeführt. In dieser Analyseeinrichtung 12 werden für die einzelnen Bildwerte GW eines bestimmten Teil-

20 bereichs T_1 bis T_N jeweils Korrekturfaktoren KF gebildet. Diese Korrekturfaktoren werden

25 dann in einer Anpassungstabelle LUT in einem Speicher 14 hinterlegt, aus dem sie jederzeit zur Korrektur eines Bildes von der Korrektureinheit 13 aufgerufen werden können. Alternativ können natürlich von der Analyseeinrichtung 12 die Korrekturfaktoren KF auch direkt an die Korrektureinheit 13 übergeben werden.

Die Ermittlung der Korrekturfaktoren KF erfolgt in den dargestellten Ausführungsbeispiel wie in Figur 2 dargestellt. In dieser Figur sind jeweils die Graustufenwerte GW über den einzelnen Bildpixeln entlang einer Zeile des Detektors, das heißt senkrecht zu einer Grenze

30

G zwischen zwei Teilbereichen T_1 bis T_N aufgetragen, wobei hier lediglich ausschnittsweise die Pixel P_{62} bis P_{67} der letzten drei Bildspalten S_{62} bis S_{64} des ersten Teilbereichs T_1 und der ersten drei Bildspalten S_{65} bis S_{67} des zweiten Teilbereichs T_2 dargestellt sind.

- 5 Wie in Figur 2 gezeigt, hat der letzte Bildpixel P_{64} des ersten Teilbereichs T_1 einen bestimmten Graustufenwert GW_{64} und der unmittelbar an den Bildpixel P_{64} angrenzende erste Bildpixel P_{65} des zweiten Teilbereichs T_2 einen anderen Graustufenwert GW_{65} . Das heißt, der Graustufenwert verändert sich vom letzten Pixel P_{64} des ersten Teilbereichs T_1 über die Grenze G zum ersten Pixel P_{65} des zweiten Teilbereichs T_2 hin sprunghaft.

10

Bei dem erfindungsgemäßen Korrekturverfahren wird davon ausgegangen, dass dieser Sprung auf die unterschiedlichen Verstärkungscharakteristiken der beiden Verstärker V_1 und V_2 zurückzuführen ist. Um die unterschiedlichen Verstärkungscharakteristiken auszugleichen, werden daher Korrekturwerte gesucht, mit welchen die Graustufenwerte des

15 zweiten Teilbereichs T_2 an die Graustufenwerte des ersten Teilbereichs T_1 angepasst werden.

- Hierzu wird zunächst für den Graustufenwert GW_{65} des ersten Bildpixels P_{65} des zweiten Teilbereichs T_2 ein Schätzwert SW_{65} ermittelt. Die Ermittlung dieses Schätzwerts SW_{65}
- 20 erfolgt durch eine Extrapolation über die Graustufenwerte GW_{63} und GW_{64} der beiden Bildpixel P_{63} und P_{64} des ersten Teilbereichs T_1 . Der Quotient aus dem Schätzwert SW_{65} und dem tatsächlichen Graustufenwert GW_{65} des Bildpixel P_{65} ergibt dann einen Korrekturfaktor für alle Graustufenwerte im Teilbereich T_2 , die dem Graustufenwert GW_{65} des betrachteten Bildpixels P_{65} entsprechen.

25

- Um die Angleichung zu verbessern, wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf gleiche Weise durch entsprechende Extrapolation an der Grenze G von der rechten Seite her, das heißt über die Grauwerte GW_{65} und GW_{66} der Bildpixel P_{65} und P_{66} ein Schätzwert SW_{64} für den letzten Pixel P_{64} des ersten Teilbereichs T_1 gebildet. Aus dem Verhältnis des tatsächlichen Grauwerts GW_{64} zum Schätzwert SW_{64} erhält man einen zweiten Korrekturfaktor, welcher im Idealfall dem ersten Korrekturfaktor entspricht. Über diese beiden
- 30 Korrekturfaktoren kann ein Mittelwert gebildet werden, welcher letztendlich als der Korrekturwert herangezogen wird, der am Bildpixel P_{65} ermittelt wurde.

Dieses Verfahren wird für alle Bildpixel der ersten Bildspalte S_{65} des zweiten Teilbereichs T_2 durchgeführt. Hierbei werden in der Regel für einen bestimmten Graustufenwert GW mehrere Korrekturfaktoren ermittelt, da dieser Graustufenwert GW ggf. an mehreren Bildpixeln der Bildspalte S_{65} anliegt. Diese Korrekturwerte für jeweils die gleichen Graustufenwerte werden akkumuliert und beispielsweise hierüber der Mittelwert gebildet. Selbstverständlich ist es ebenso möglich und ggf. sogar besser, aber auch rechenaufwendiger, andere Mittel zur Kombination der verschiedenen Korrekturwerte für ein- und denselben Graustufenwert eines Teilbereichs zu verwenden. Beispielsweise können alle Korrekturwerte für einen Graustufenwert in einem Histogramm eingetragen werden und dann der Modus oder der Median ermittelt werden. Auf diese Weise werden einzelne, statistisch beim Verfahren auftretende Fehler recht gut reduziert.

Diese Vorgehensweise ist ein weiteres Mal in der Figur 3 innerhalb der Analyseeinrichtung 12 dargestellt. In einer ersten Einheit 20 werden jeweils von rechts und links durch Extrapolation an einer Grenze G zwei Schätzwerte SW_{65} und SW_{64} gebildet. Aus diesen Schätzwerten SW_{65} und SW_{64} wird dann für einen bestimmten Graustufenwert GW in der Einheit 21 ein Korrekturfaktor $KF(GW)$ ermittelt. In einer nachfolgenden Einheit 22 werden alle Korrekturfaktoren KF für einen bestimmten Graustufenwert GW gemittelt, um so den endgültigen Korrekturfaktor für diesen Graustufenwert GW zu erhalten. Die Analyseeinrichtung 12 der Speicher 14 und die Korrekturereinheit 13 können dabei im Prinzip von einem gemeinsamen Rechner gebildet werden, wobei die einzelnen Einheiten 20, 21, 22 auch in Form einer geeigneten Software auf dem Rechner implementiert werden können.

Diese Prozedur zur Ermittlung der Korrekturfaktoren wird für jeden Teilbereich durchgeführt, wobei jeweils ein Teilbereich T_i an den unmittelbar zuvorliegenden benachbarten Teilbereich T_{i-1} angeglichen wird. Das heißt, die Graustufenwerte des Teilbereichs T_2 werden an den Teilbereich T_1 angeglichen, die Graustufenwerte des Teilbereichs T_3 dann wiederum an den Teilbereich T_2 u.s.w. Auf diese Weise werden sämtliche Teilbereiche T_2 bis T_N sukzessive an den Teilbereich T_1 angeglichen.

Um für jeden Teilbereich T_2 bis T_N jeweils einen absoluten Korrekturwert, bezogen auf den ersten Teilbereich T_1 , zu erhalten, müssen die relativen Korrekturwerte der einzelnen

Teilbereiche T_i (bezogen auf ihren vorhergehenden Nachbarbereich T_{i-1}) jeweils mit den absoluten Korrekturwerten T_{i-1} des vorhergehenden Nachbarbereichs multipliziert werden.

- 5 Es wird noch einmal ausdrücklich erwähnt, dass mit diesem Algorithmus nicht die Nichtlinearität der einzelnen Verstärker beseitigt wird, sondern es werden lediglich die Nichtlinearitäten der Kanäle aneinander angepasst. Die so für jeden einzelnen Teilbereich T_1 bis T_N ermittelten Korrekturfaktoren für die einzelnen Graustufenwerte werden dann in einer Anpassungstabelle LUT im Speicher 14 hinterlegt.
- 10 Üblicherweise tauchen in den jeweils ersten Bildspalten eines Teilbereichs T_1 bis T_N nicht unbedingt sämtliche möglichen Graustufenwerte GW auf, da die meisten Detektoren mehrere 10.000 unterschiedliche Graustufenwerte aufweisen. Die Anpassungstabelle kann dann für diese Graustufenwerte einfach leer bleiben, und es können Interpolationsverfahren genutzt werden, um die Werte aufzufüllen. Die Größe der Anpassungstabelle kann beispielsweise auch dadurch reduziert werden, dass die Korrekturwerte für mehrere Graustufenwerte in der Anpassungstabelle kombiniert werden. Das heißt, es werden mehrere Graustufenwerte zusammengefasst und mit einem gemeinsamen Korrekturfaktor versehen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Unterschiede in der Nichtlinearität sich nur
- 15 langsam mit dem Graustufenwert verändern.
- 20

- Figur 4c zeigt eine Anpassungstabelle LUT für die fünf Teilbereiche T_1 bis T_5 des in den Figuren 4a und 4b dargestellten Detektors. Aufgetragen ist hierbei jeweils ein Graustufenwert als Korrekturfaktor, welcher den jeweils im Teilbereich auftretenden Graustufenwert
- 25 ersetzt. Dabei nehmen in der gewählten Darstellung die zu ersetzenden Graustufenwerte GW für die Teilbereiche T_1 bis T_5 in der markierten Pfeilrichtung von oben nach unten zu. Die Anpassungstabelle LUT enthält hierbei für jeden Teilbereich T_1 bis T_5 nur einen einzelnen in Pfeilrichtung verlaufenden Vektor an Einträgen. Die Ausdehnung in der Breite erfolgt lediglich zur besseren Darstellung der unterschiedlichen Teilbereiche T_1 bis
- 30 T_5 . Wie deutlich zu sehen ist, sind im Teilbereich T_1 lediglich die Graustufenwerte selbst eingetragen. Das heißt, der Teilbereich T_1 wird quasi mit einem Korrekturfaktor 1,0 korrigiert, da sämtliche weiteren Teilbereiche T_2 bis T_5 an diesen ersten Teilbereich T_1 angepasst werden.

Figur 4d zeigt schließlich das Röntgenbild gemäß Figur 4b, nachdem die Korrekturwerte aus der Anpassungstabelle LUT gemäß Figur 4c auf die Bilddaten angewandt wurden. Es zeigt sich deutlich, dass die unerwünschten Streifen vollständig eliminiert wurden.

- 5 Im dargestellten Ausführungsbeispiel wurde zum Auffinden des Schätzwerts jeweils eine Extrapolation über zwei Pixel durchgeführt. Es versteht sich von selbst, dass auch eine Extrapolation über mehrere nebeneinanderliegende Bildpixel durchgeführt werden kann. Selbstverständlich ist es auch möglich, das Verfahren ohne eine solche Extrapolation durchzuführen. So kann beispielsweise im einfachsten Fall ein direkter Abgleich zwischen
- 10 zwei benachbarten Pixeln durchgeführt werden. Das heißt, als Schätzwert für den Graustufenwert eines bestimmten Bildpixels in der ersten Bildspalte S_{65} des zweiten Teilbereichs T_2 wird dann der Graustufenwert des benachbarten Bildpixels in der letzten Bildspalte S_{64} des ersten Teilbereichs T_1 verwendet u.s.w.
- 15 Ebenso ist dieses Verfahren selbstverständlich nicht darauf beschränkt, auf Detektoren mit nur vertikal unterteilten Teilbereichen T_1 bis T_N angewandt zu werden. Es kann selbstverständlich auch für Detektoren verwendet werden, welche beispielsweise in mehrere vertikale Teilbereiche und zusätzlich in mehrere horizontale Teilbereiche unterteilt sind.
- 20 Um die Zuverlässigkeit des Verfahrens zu verbessern und Fehler aufgrund von natürlichen Abstufungen im Bild, die nicht mit der Grenze G zwischen zwei Teilbereichen T_1 bis T_N zusammenhängen, zu vermeiden, können mehrere Methoden verwendet werden, die auch kombiniert angewendet werden können:
- 25 1. Es werden nur Korrekturwerte von den Bildpixeln entlang einer Grenze berücksichtigt, bei denen die Korrekturwerte aufgrund der rechtsseitigen und linksseitigen Extrapolation nicht zu sehr voneinander abweichen.
2. Korrekturfaktoren, welche außerhalb eines bestimmten vorher festgelegten Korrektur-
- 30 faktorbereichs liegen, werden nicht berücksichtigt.

3. Korrekturwerte, bei denen der Gradient des Graustufenwerts relativ zum Graustufenwert (das heißt, die Steigung des Gradienten) höher ist als ein zwischen den Teilbereichen festgelegter Maximalwerte (absoluter Grenzwert des Gradienten), bleiben unberücksichtigt.
- 5 4. Korrekturwerte, welche zu stark von den Korrekturwerten einer bereits zuvor ermittelten Anpassungstabelle abweichen, werden nicht berücksichtigt.
5. Über die nichtleeren Einträge in der Anpassungstabelle wird eine Glättungsoperation durchgeführt, um so nur geringe Änderungen der Korrekturfaktoren zu erlauben.
- 10 6. Alle Einträge der Anpassungstabelle werden herabgesetzt, sobald ein vorgegebener maximaler Abweichungswert überschritten wird. Diese Beschränkung hängt mit der maximalen Nichtlinearitätsspezifikation der einzelnen Verstärkungskanäle zusammen und wird am besten anhand eines Beispiels deutlich. Wenn zum Beispiel der Korrekturfaktor innerhalb
- 15 einer Anpassungstabelle eines bestimmten Teilbereichs bei einem niedrigen Graustufenwert 1,01 beträgt und bei einem hohen Graustufenwert 1,05 beträgt, so entspricht die Nichtlinearität dieses einzelnen Teilbereichs verglichen mit dem benachbarten Teilbereich $(1,05 - 1,01) \times 100 \% = 4 \%$. Wenn aufgrund der Spezifikation der Verstärker andererseits
- 20 jedoch feststeht, dass die Nichtlinearität lediglich 0,5 % beträgt, so kann zwangsläufig die maximale Nichtlinearität zwischen zwei Kanälen maximal das doppelte der Nichtlinearität eines einzelnen Verstärkers, nämlich 1 %, betragen. In diesem Fall kann die in der Anpassungstabelle eingetragene Nichtlinearität von 4 % auf 1 % reduziert werden, in dem der
- 25 gesamte Bereich durch 4 geteilt wird. Im Einzelnen wird hierzu, sofern es sich bei den Einträgen in der Anpassungstabelle um Korrekturfaktoren handelt, von jedem einzelnen Eintrag zunächst der Wert 1 abgezogen und anschließend der gesamte Mittelwert über alle Einträge ermittelt und dann die Abweichungen von dem Mittelwert durch den Faktor 4 geteilt. Es ist ersichtlich, dass eine solche Anpassung äußerst rechenintensiv ist.

Das Verfahren kann bei Einzelbildaufnahmen eingesetzt werden, indem die aus dem Bild

30 ermittelten Korrekturwerte auf das Bild selbst angewandt werden. Es kann aber genauso gut auf eine Sequenz von aufeinanderfolgenden Bildern angewendet werden, wobei in diesem Fall sinnvollerweise die Korrekturwerte aus einer Anpassungstabelle entnommen

werden, die aus den Bilddaten der vorhergehenden Bilder gewonnen wird und die regelmäßig durch Korrekturwerte aus neu aufgenommenen Bildern kontrolliert und korrigiert wird.

- 5 Das Verfahren kann auf einen weiten Bereich von verschiedenen Bildaufnahmesystemen angewandt werden. Es dient vornehmlich dazu, die Sichtbarkeit der Differenzen von Nichtlinearitäten zwischen den Vorverstärkern bei flachen dynamischen Röntgendetektoren (FDXD) unsichtbar zu machen, ist aber nicht auf diese Anwendung beschränkt. Ein weiteres Beispiel eines Bildaufnahmesystems, in dem das Verfahren angewandt werden
- 10 kann, ist der XTV16-Bildsensor. In diesem Detektor werden für die geraden und ungeraden Bildspalten verschiedene Sensoren und Vorverstärker verwendet. Da hierbei jeweils jeder Teilbereich nur aus einer einzelnen Spalte besteht, kann jedoch das Verfahren der Extrapolation über mehrere Pixel nicht verwendet werden, sondern es wird dann nur eine Angleichung durch einen Vergleich von benachbarten Pixeln durchgeführt. Auch bei
- 15 einem solchen Vergleich von einzelnen Pixeln ohne eine Extrapolation lassen sich die meisten für das oben dargestellte Ausführungsbeispiel beschriebenen Verfahren zur Kombination verschiedener Korrekturwerte ein- und desselben Graustufenwerts und zur Verbesserung der Zuverlässigkeit durchführen.
- 20 Im Prinzip lässt sich das Verfahren sogar dafür nutzen, eine Abschattungskorrektur durchzuführen, indem ein Satz von konzentrischen Kreisen als unterschiedliche Teilbereiche des einzelnen ankommenden Bildes definiert wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen (T_1 bis T_N) zusammengesetzten Bildes, wobei jedem Teilbereich (T_1 bis T_N) eine Ausleseeinheit (V_1 bis V_N) zugeordnet ist, und bei dem zur Angleichung von Unterschieden in Verstärkungscharakteristika Bilddaten aneinandergrenzender Bildgebiete (S_{63} , S_{64} , S_{65} , S_{66}) benachbarter Teilbereiche (T_1 und T_2) ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet,
dass für einen Bildwert (GW_{65}) eines Bildpixels (P_{65}) eines zu korrigierenden Teilbereichs (T_2), wobei der Bildpixel (P_{65}) an einer Grenze (G) zu einem Nachbarteilbereich (T_1) liegt, unter Verwendung des Bildwertes (GW_{64}) eines Bildpixels (P_{64}) des angrenzenden Bildgebiets (S_{64}) des Nachbarteilbereichs (T_1) ein Schätzwert (SW_{65}) ermittelt wird, und durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwertes (GW_{65}) des Bildpixels (P_{65}) mit dem Schätzwert (SW_{65}) ein Korrekturwert für den jeweiligen Bildwert (GW_{65}) in dem zu korrigierenden Teilbereich (T_2) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass als Schätzwert der Bildwert eines unmittelbar angrenzenden Bildpixels des Nachbarteilbereichs verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ermittlung des Schätzwerts (SW_{65}) die Bildwerte (GW_{63} , GW_{64}) von Bildpixeln (P_{63} , P_{64}) des angrenzenden Bildgebiets (S_{63} , S_{64}) des Nachbarteilbereichs (T_1) über die Grenze (G) hinweg extrapoliert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass für den Bildwert (GW_{65}) eines Bildpixels (P_{65}) des zu korrigierenden Teilbereichs (T_2) ein erster Korrekturwert gebildet wird und für einen unmittelbar an diesen Bildpixel (P_{65})

5 des zu korrigierenden Teilbereichs (T_2) angrenzenden Nachbarbildpixel (GW_{64}) des Nachbarbereichs (T_1) unter Verwendung von Bildwerten (GW_{65} , GW_{66}) des zu korrigierenden Teilbereichs (T_2) ein Schätzwert (SW_{64}) für den Nachbarbildpixel (P_{65}) ermittelt wird, und durch einen Vergleich dieses Schätzwerts (GW_{64}) mit dem

tatsächlichen Bildwert (GW_{64}) des Nachbarbildpixels (P_{64}) ein zweiter Korrekturwert gebildet wird und aus dem ersten und dem zweiten Korrekturwert ein gemeinsamer Korrekturwert für den jeweiligen Bildwert (GW_{65}) des zu korrigierenden Teilbereichs (T_2) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

15 dadurch gekennzeichnet,

dass aus den Korrekturwerten für gleiche Bildwerte verschiedener Bildpixel des zu korrigierenden Teilbereichs ein gemeinsamer Korrekturwert für diesen Bildwert in dem zu korrigierenden Teilbereich gebildet wird.

20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Korrekturwerte für die Bildwerte der einzelnen Teilbereiche (T_1 bis T_N) in einer Anpassungstabelle (LUT) gespeichert und zur Korrektur aus dieser Anpassungstabelle (LUT) abgerufen werden.

25

30

7. Vorrichtung zur Darstellung eines aus mehreren Teilbereichen (T_1 bis T_N)

zusammengesetzten Bildes mit

einem mehrere Sensorelemente enthaltenden Detektor zur Erzeugung von Bilddaten
den Teilbereichen (T_1 bis T_N) des Bildes zugeordnete Ausleseeinheiten (V_1 bis V_N)

- 5 einer Analyseeinheit (12), die zur Auswertung von Bilddaten aneinandergrenzender
Bildgebiete (S_{63} , S_{64} , S_{65} , S_{66}) benachbarter Teilbereiche (T_1 und T_2) und zur Erzeugung
von Korrekturdaten vorgesehen ist

einer Korrekturereinheit (13), die zur Korrektur von mit Fehlern behafteter Bilddaten
mittels der Korrekturdaten vorgesehen ist,

- 10 dadurch gekennzeichnet,

dass die Analyseeinheit (12)

Mittel (20) zur Erzeugung eines Schätzwerts (SW_{65}) für den Bildwert (GW_{65}) eines
Bildpixels (P_{65}) eines zu korrigierenden Teilbereichs (T_2), wobei der Bildpixel (P_{65}) an einer
Grenze (G) zu einem Nachbarteilbereich (T_1) liegt, unter Verwendung eines Bildwertes

- 15 (GW_{64}) des angrenzenden Bildgebiets (S_{64}) des Nachbarteilbereichs (T_1) und

Mittel (21, 22) zur Erzeugung eines Korrekturwerts für den jeweiligen Bildwert (GW_{65}) in
dem zu korrigierenden Teilbereich (T_2) durch einen Vergleich des tatsächlichen Bildwertes
(SW_{65}) des Bildpixels (P_{65}) mit dem Schätzwert (SW_{65}) aufweist.

- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Analyseeinheit Mittel (20) zur Extrapolation der Bildwerte (GW_{63} , GW_{64}) von
Bildpixeln (P_{63} , P_{64}) eines an den Bildpixel (P_{65}) des zu korrigierenden Teilbereichs (T_2)
angrenzenden Bildgebiets (S_{63} , S_{64}) des Nachbarteilbereichs (T_1) über die Grenze (G)

- 25 hinweg aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,

gekennzeichnet durch, einen Speicher (14) zur Speicherung einer aus den von der
Analyseeinrichtung (12) erzeugten Korrekturdaten gebildeten Anpassungstabelle (LUT).

10. Strahlungsuntersuchungseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einer Strahlungsquelle und einer Detektoreinrichtung mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9.

09.05.00

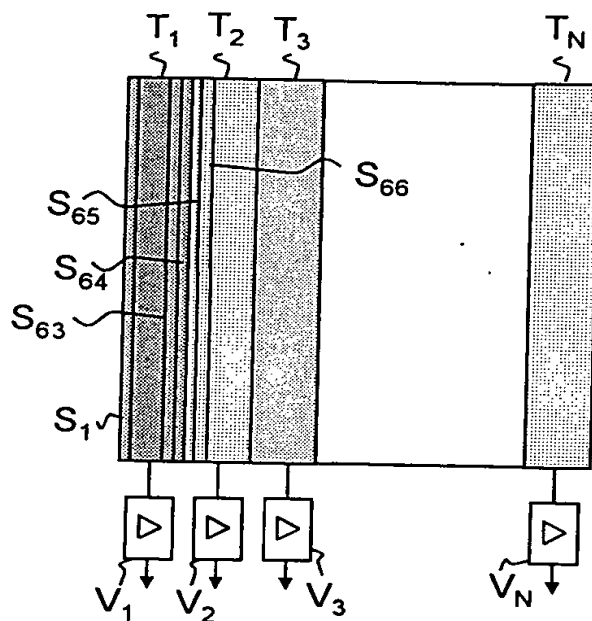


FIG. 1

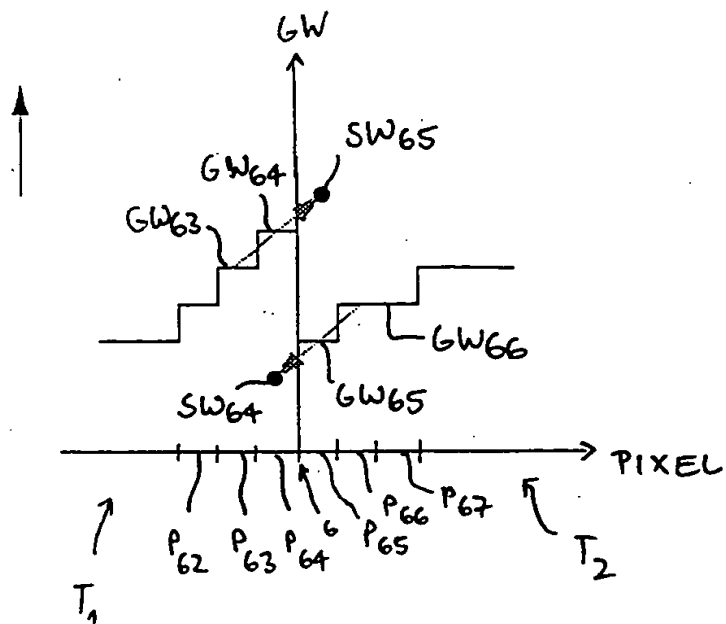


FIG. 2

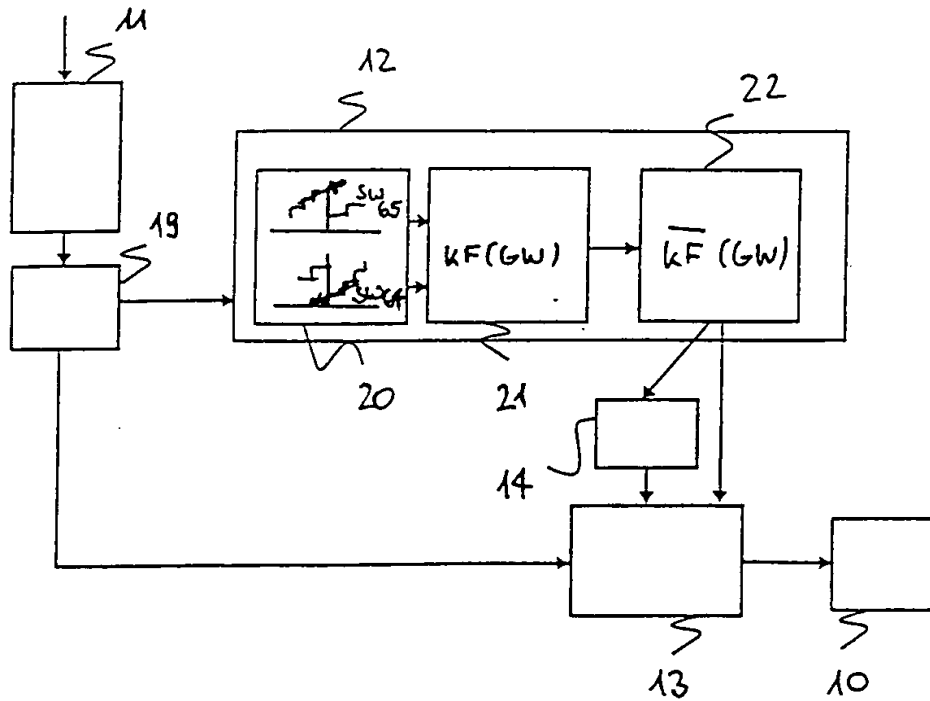


FIG. 3

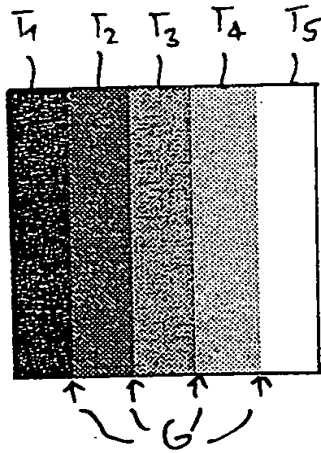


FIG. 4a

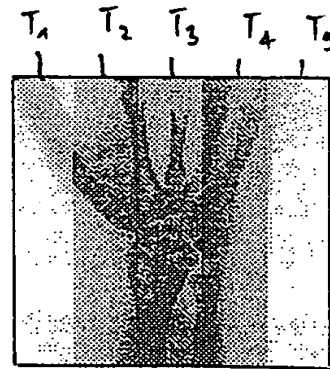


FIG. 4b

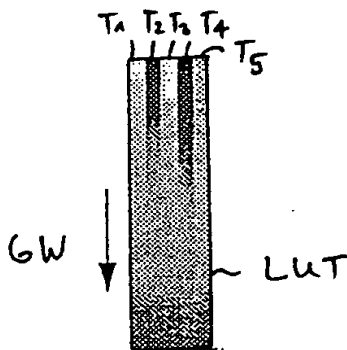


FIG. 4c

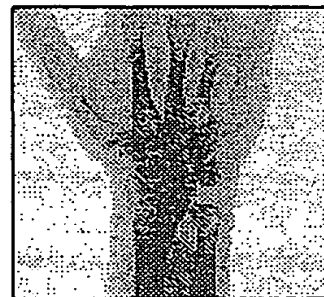


FIG. 4d